CANMET

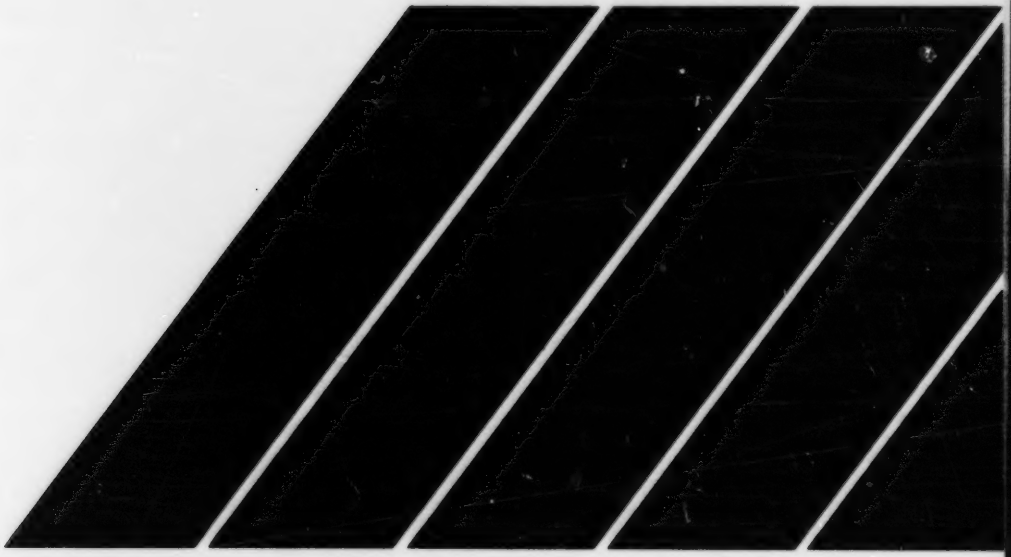
Canada Centre for Mineral and Energy Technology

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

Efficiency and Alternative Energy Technology Branch

Direction de la technologie de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

CONTROLEUR DE POSITION POUR PERSIENNES DES FENETRES VISION CONTROL



Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

Canada

THE ENERGY OF OUR RESOURCES · THE POWER OF OUR IDEAS

L'ÉNERGIE DE NOS RESSOURCES · NOTRE FORCE CRÉATRICE

91-04531/

CONTROLEUR DE POSITION POUR PERSIENNES DES FENETRES VISION CONTROL

PRÉPARÉ POUR LA :

Direction de la technologie de l'efficacité énergétique
et des énergies de remplacement
Énergie, Mines et Ressources Canada
DSS Contrat N° 23216-9-9058/01-SZ
Ottawa (Ontario)
Octobre, 1990

PRÉPARÉ PAR :

Exergy Research Corp.
Unicel Inc.
88 de Vaudreuil
Boucherville, Que.
J4B 5G4

AUTORITÉ SCIENTIFIQUE :

Joel Allarie
Direction de la technologie de l'efficacité
énergétique et des énergies de remplacement
Énergie, Mines et Ressources Canada
580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4

36 pp

MICROMEDIA

CITATION

Exergy Research Corp., Unicel Inc. Controleur de position pour persiennes des fenêtres Vision Control. DSS Contrat N° 23216-9-9058/01-SZ. Direction de la technologie de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (Ontario) 1990 (31 pp.)

Pour obtenir des exemplaires du présent rapport s'adresser à la :

Direction de la technologie de l'efficacité énergétique
et des énergies de remplacement
Énergie, Mines et Ressources Canada
580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4

ou

Division de la bibliothèque et des services de
documentation
CANMET
Énergie, Mines et Ressources Canada
562, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0G1

NOTE

Le présent rapport est diffusé à titre documentaire uniquement. Il ne traduit pas nécessairement l'opinion du gouvernement du Canada et ne constitue pas une recommendation d'aucun produit commercial ou d'aucune personne. Ni le Canada, ni ses ministres, agents, employés ou mandataires ne donnent de garantie à l'égard du présent rapport et n'assument aucune responsabilité liée au présent rapport.

Ce projet a été financé à une contribution du Bureau de recherche et développement énergétiques d'Énergie, Mines et Ressources Canada.

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1991
N° de catalogue M91-7/140-1991F
ISBN 0-662-96788-7

EXECUTIVE SUMMARY

A typical problem in office and other highly-glazed buildings is their excessive absorption of solar heat. An expensive solution is to increase the capacity of HVAC equipment. Another solution lies in the use of shading devices.

Among the various shading devices used for solar gain control in buildings, venetian blinds are particularly versatile. They allow selective control over window optical characteristics with the adjustment of the angle of the louvers, and this control can be fully automated.

Vision Control windows, a venetian blind window system, incorporate louvers between two hermetically sealed glass panes. However, Vision Control windows currently allow only manual control of the louver angular position. This does not permit all the potential advantages of the system to be utilized, as louvers must continuously be adjusted with the change of the sun's position during the day, as well as to control the temperature of the room to prevent overheating.

In this project, an automatic electro-mechanical control system to optimize the performance of Vision Control windows was developed. The temperature-controlled system operates by rotating the blinds in response to varying ambient room temperatures. Automatic control will be extremely valuable in atriums and in commercial buildings such as shopping malls.

In the initial project stages, solar angles of incidence were studied at various times of the year, using Montreal as the test site. It was determined that despite seasonal variations, the sun's position is typically at about 25 degrees above the horizontal in the coldest months of the year, and at about 65 degrees above the horizontal in the warmest. This greatly reduces the range of angular positions of the Vision Control louvers required for use in the fully automated mode. An automatic control system was then designed and tested on several window models, under laboratory conditions. Finally, it was optimised on a typical commercial-size Vision Control window.

The control system is made up of a mechanical controller and an electronic master reference unit. The reference unit constantly monitors ambient room temperature, and signals to the mechanical controller to open the louvers if the room is too cold, or to close the louvers if the room becomes too warm. The electro-mechanical system can also control several Vision Control units.

The louver control strategy was optimised based on experimental testing. The system opened the louvers with a response time of 2.7 degrees per minute at commencement of operation, diminishing to 0.60 degrees per minute by the end of the test period, in response to variations in temperature ranging from 0.25°C to

0.08°C per minute. The system's manual override feature was also tested.

The project showed that the new controller operates satisfactorily, and it can be easily retrofitted onto Vision Control windows. Because Vision Control systems may be installed in different locations, input for the electronic unit can be modified to account for location-specific solar angles of incidence. It is expected that these automatically-controlled windows, particularly when they are used in commercial and office buildings, will result in savings in cooling energy costs as well as improved daylighting.

TABLE DES MATIERES

		Page
Executive Summary		iii
Sommaire		1
1.0	Eléments d'un système contrôlé en température	3
	1.1 La charge thermique	3
	1.2 La source de chaleur	3
	1.3 Le média de transfert de chaleur	4
	1.4 Le contrôleur de température	4
2.0	Caractéristiques des systèmes contrôlés en température	4
	2.1 Les gradients thermiques	4
	2.2 Le délais de propagation thermique	5
	2.3 Localisation du capteur de température	6
	2.4 Les caractéristiques du contrôleur de température	6
	2.5 Balance des charges thermiques	7
	2.6 Conclusion	7
3.0	Contrôleur d'unité U-CTRL-C4	8
	3.1 Principales caractéristiques	8
	3.2 Opération	8
4.0	Référence maitresse M-REF-C2	17
	4.1 Principales caractéristiques	17
	4.2 Opération	17
	4.3 Mode de fonctionnement thermique	18
	4.3.1 Théorie d'opération	18
	4.3.2 Etude des angles d'incidence solaire	18
	4.3.4 Limites de contrôle	19
5.0	Etude expérimentale avec prototype	26
	5.1 Description du système	26
	5.2 Résultats	27
6.0	Conclusions	28

SOMMAIRE

Le but de ce projet est d'étudier et de développer un système de contrôle automatique pour optimiser l'utilisation des fenêtres Vision Control de la compagnie Unicel Inc. Le type de fenêtre est constitué d'un système de lames horizontales scellées entre deux verres et possède la forme d'une fenêtre régulière. A l'extérieur de l'enveloppe un mécanisme permet une rotation complète des lames, de façon à pouvoir réduire ou augmenter la performance thermique du système.

On a realisé le projet dans plusieurs étapes : on a étudié différents types de moteur et on a expérimenté en utilisant les modèles de fenêtre dans le laboratoire; ainsi, on a déterminé le type de moteur qu'on peut coupler pour l'automatisation de fenêtres en question; on a étudié et conçu le système de contrôle automatique; on a développé les fonctions de contrôle nécessaires; puis, on a expérimenté avec le système de contrôle en utilisant les modèles de fenêtres dans le laboratoire; on a finalement étudié le fonctionnement et la performance du système de contrôle développé en utilisant une fenêtre de Vision Control à grande dimension.

On a également étudié le coût du système de moteur-contrôle automatique et préparé les listes des composantes nécessaires pour le commercialiser.

On a noté, après les études expérimentales, que le système de contrôle fonctionnait bien comme on avait conçu, que son intégration aux fenêtres de Vision Control était facile et que son coût de fabrication, estimé à $74.83 par unité de contrôle et à $153.25 par unité de référence maitresse, était tout à fait raisonnable.

1. ELEMENTS D'UN SYSTEME CONTROLE EN TEMPERATURE

Un système contrôlé en température est constitué de quatre éléments essentiels qui affectent les caractéristiques thermiques du système.

Ces quatre éléments sont:

-La charge thermique
-La source de chaleur
-Le média de transfert de chaleur
-Le contrôleur de température

1.1 La charge thermique

La charge thermique d'un système contrôlé en température dépend de la nature ainsi que de la quantité de matière devant être maintenue à la température désirée.

La charge thermique d'un système peut être constante ou variable.

Dans un four, la même quantité de matière peut être maintenue à température constante pendant une longue période de temps. On y parle donc de charge thermique constante.

Dans un édifice, différents échanges d'air se produisent. On y parle donc de charge thermique variable.

1.2 La source de chaleur

La source de chaleur d'un système contrôlé en température est le dispositif qui fournit l'énergie thermique au système.

Dans le cas d'un édifice avec fenêtres, l'énergie solaire ou l'énergie auxiliaire constitue une source de chaleur.

1.3 Le média de transfert de chaleur

Le média de transfert de chaleur d'un système contrôlé en température est le milieu qui permet à la chaleur de se propager de la source de chaleur à la charge thermique du système.

En plus de constituer la charge thermique du système, l'air ambiant d'un édifice y constitue aussi le média de transfert de chaleur.

1.4 Le contrôleur de température

Le contrôleur de température d'un système est le dispositif qui régularise le débit de la source de chaleur en fonction de l'écart entre la température désirée et la température mesurée par le capteur de température.

2. CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES CONTROLES EN TEMPERATURE

L'utilisateur d'un système contrôlé en température s'intéresse à deux caractéristiques en particulier: la température moyenne de l'environnement contrôlé ainsi que les déviations de température par rapport à cette moyenne. Cinq facteurs influencent ces caractéristiques de contrôle:

-Les gradients thermiques
-Le délais de propagation thermique
-La localisation du capteur de température
-La balance des charges thermiques
-Les caractéristiques du contrôleur de température

2.1 Les gradients thermiques

Si l'on mesurait la température d'un système thermique à un instant donné en partant de la source de chaleur et en se dirigeant dans la direction opposée, on s'apercevrait que la température mesurée diminue à mesure que l'on s'éloigne de la source de chaleur. Cette diminution de température s'appelle le gradient thermique.

Tout système thermique dynamique possède un gradient thermique. Ces gradients de température sont inévitables et nécessaires afin de transmettre l'énergie thermique d'un point chaud à un point froid.

En localisant le capteur de température trop près de la source de chaleur, ce dernier mesure une température supérieure à la température moyenne du système.

En localisant le capteur de température trop loin de la source de chaleur, ce dernier mesure une température inférieure à la température moyenne du système.

Les gradients thermiques introduisent un écart constant entre la température réelle du système et la température indiquée par le contrôleur.

2.2 Le délai de propagation thermique

Dans tout système contrôlé en température, il existe un délai de propagation de la chaleur entre la source de chaleur et le capteur de température. Ce délai est dû à l'inertie thermique du système.

Ce délai de propagation de la chaleur isole momentanément le contrôleur de température des changements qui se produisent dans le système. Il est la principale cause de déviation temporaire de la température du système par rapport à la température moyenne.

A la suite d'une élévation rapide de température, le contrôleur de température accuse un retard pour réduire la source de chaleur.

A la suite d'une diminution rapide de température, le contrôleur de température accuse un retard pour augmenter la source de chaleur.

2.3 Localisation du capteur de température

On a vu précédemment que les gradients thermiques ainsi que le délai de propagation thermique influencent les caractéristiques thermiques du système à contrôler:

> Pour minimiser l'écart entre la température indiquée par le contrôleur et la température moyenne désirée, il faut localiser le capteur de température sur un gradient moyen de température.
>
> Pour minimiser les écarts de température par rapport à la température moyenne, il faut localiser le capteur de température près de la source de chaleur afin de diminuer le délai de propagation thermique du système.

Ces deux contraintes sont souvent incompatibles. Des contraintes physiques et esthétiques viennent aussi compliquer le choix de l'emplacement du capteur de température. Cet emplacement doit être déterminé judicieusement afin d'optimiser les caractéristiques recherchées par l'utilisateur du système à contrôler.

2.4 Les caractéristiques du contrôleur de température

Plage d'ajustement:
> La plage d'ajustement d'un contrôleur de température s'exprime en degrés de température. Elle permet à l'utilisateur d'ajuster la température du système contrôlé à la température désirée.

Résolution:
> La résolution d'un contrôleur de température s'exprime en degrés de température. Elle indique le changement de température nécessaire à une action sur la source de chaleur.

Temps de réponse:
> Le temps de réponse d'un contrôleur de température s'exprime en secondes. Il est une mesure du temps requis par le contrôleur pour agir sur la source de chaleur suite à un

changement de température détecté par le capteur de température.

Contrôle proportionnel:
Le contrôle proportionnel est une méthode de contrôle par laquelle l'action sur la source de chaleur est directement proportionnelle à l'écart entre la température désirée et la température mesurée par le capteur de température.

Gain du contrôleur:
Le gain d'un contrôleur de température traduit la relation entre l'action résultante sur la source de chaleur en fonction de la déviation de température détecté par le contrôleur.

2.5 Balance des charges thermiques

La balance des charges thermiques fait référence à la relation entre la source de chaleur et la charge thermique du système contrôlé en température. Pour qu'un système de contrôle de température soit efficace, il faut que la source de chaleur et la charge thermique soient au même niveau de puissance.

Idéalement, les charges thermiques d'un système doivent être balancées de sorte qu'environ 50% de l'énergie produite par la source de chaleur soit suffisante pour maintenir la charge thermique à la température médiane de la plage d'ajustement. De cette façon, le contrôleur peut aisément prendre action sur la source de chaleur et compenser, dans les deux sens, pour les variations de température.

2.6 Conclusion

L'efficacité du contrôle d'un système contrôlé en température est intimement lié à des caractéristiques physiques fondamentales allant bien au-delà du choix du contrôleur de température. Bien entendu, l'efficacité du contrôle ne peut dépasser celle du contrôleur de température. Cependant, dans les cas d'utilisation d'un contrôleur électronique, la localisation du capteur de température ainsi que la balance des charges thermiques imposent bien souvent les limites des caractéristiques de contrôle.

3. CONTROLEUR D'UNITE U-CTRL-C4

Le contrôleur d'unité U-CTRL-C4 fut conçu dans le but d'effectuer un asservissement de position à partir d'un signal de référence. Un servo moteur DC ainsi qu'un capteur de position font partie intégrante du système électro-mécanique de contrôle.

En tout temps, le contrôleur d'unité compare un signal de commande à un signal provenant d'un capteur de position (position désirée vs position réelle). Lorsque la position réelle diffère de la position désirée, un signal de correction est généré, amplifié et envoyé au moteur. Ce dernier s'active alors dans le sens requis afin d'annuler cet écart de position et ainsi effectuer l'asservissement de position recherché.

3.1 Principales Caractéristiques

-Système de rétro-action intégré.

-Fenêtre de détection avec bande morte et hystérésis.

-Logique frein/motion avec mémoire de direction.

-Courant de sortie maximal de 1 ampère.

-Détecteur de surcharge de courant intégré.

-Détecteur de surtension intégré.

-Désactivation automatique du moteur suite à une faute mineure.

3.2 Opération

Un sélecteur, monté à même le contrôleur d'unité, permet de déterminer le mode de fonctionnement.

En mode de fonctionnement à distance, l'asservissement de position se fait à partir d'un signal de référence maîtresse. Toutes les unités recevant ce signal de référence sont asservies de la même façon.

En mode de fonctionnement local, l'asservissement de position se fait à partir d'un signal de référence local généré à même le contrôleur d'unité. Cette option permet de positionner chacune des unités de façon individuelle et indépendante.

Le contrôleur d'unité offre deux types de protection en cas de surcharge mécanique.

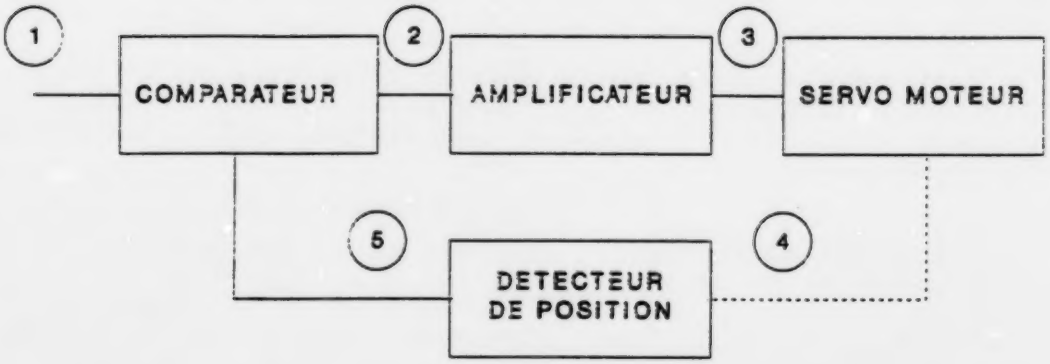
Suite à une faute mineure, telle une charge mécanique excessive, un circuit de désactivation s'enclenche de lui-même et coupe l'alimentation du moteur. Après avoir éliminé la cause de la charge anormale, la remise en marche du système se fait de façon automatique en modifiant le signal de commande.

Un fusible constitue le système de protection ultime en cas de blocage mécanique total. Après avoir éliminé la cause du blocage, la remise en marche du système requiert le remplacement du fusible.

En pages suivantes, on retrouve le schéma bloc de fonctionnement du contrôleur d'unité à la Figure 1, les caractéristiques du contrôleur au Tableau 1, le schéma électronique du contrôleur (modèle de laboratoire) à la Figure 2, le schéma électronique du contrôleur prototype à la Figure 3 et les composantes du contrôleur au Tableau 2.

Controleur d'unite U-CTRL-C4

Schema bloc de controle



1 SIGNAL DE COMMANDE

2 SIGNAL DE CORRECTION

3 SIGNAL DE COMMANDE DU MOTEUR

4 LIEN MECANIQUE

5 SIGNAL DE POSITION

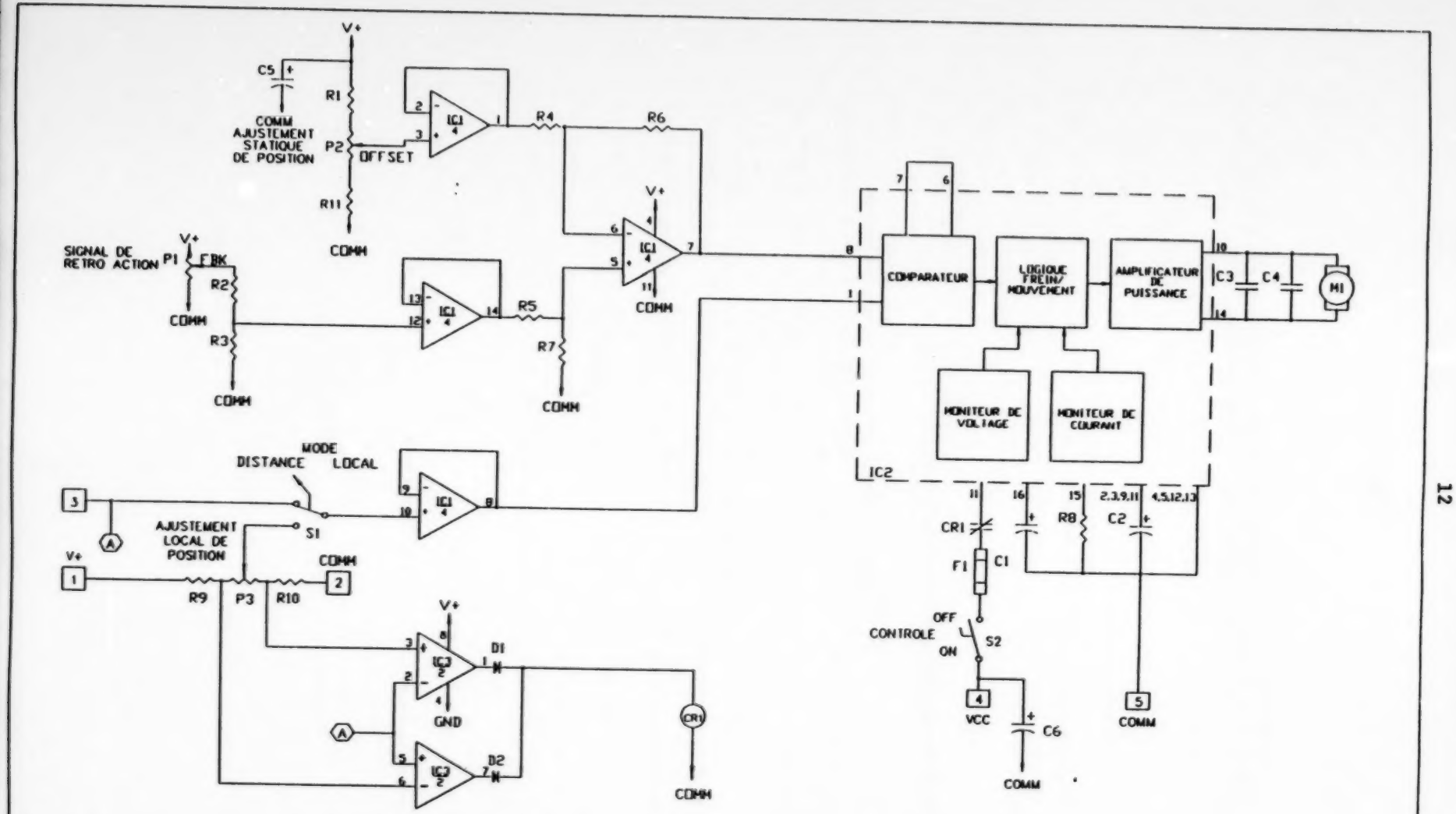
Figure 1

CARACTERISTIQUES DU CONTROLEUR D'UNITE U-CTRL-C4

	MINIMUM	TYPIQUE	MAXIMUM	UNITES
Tension d'alimentation principale	14.5	15	15.5	Volts DC
Courant d'alimentation principale (sans moteur)	---	14	25	milli Amps
Tension d'alimentation de reference	23.8	24	24.2	Volts DC
Courant d'alimentation de reference	2.36	4.0	5.84	milli Amps
Variation du signal de commande	2.5	---	12.5	Volts DC
Variation du signal de retro-action	6	---	18	Volts DC
Rotation mecanique de la persienne	176.2	180	183.8	Degres Ang.
Hysteresis des signaux du comparateur	0.45	0.63	0.81	Degres Ang.
Bande morte du comparateur	3	3.8	4.6	Degres Ang.
Tolerance de positionnement	1.7	2.1	2.6	Pourcent
Ajustement statique de position	-10	0	+10	Degres Ang.
Courant d'entree du signal de commande	---	45	100	nano Amps
Tension de sortie appliquee au moteur	13	14.5	15	Volts DC
* Courant de sortie continu au moteur (Maximum)	---	---	1	Amperes
* Temps necessaire au declanchement d'une faute avec courant de sortie supérieur a 600 mA	35	45	55	Secondes

*: Depend de la charge mecanique - type de persienne

Tableau 1



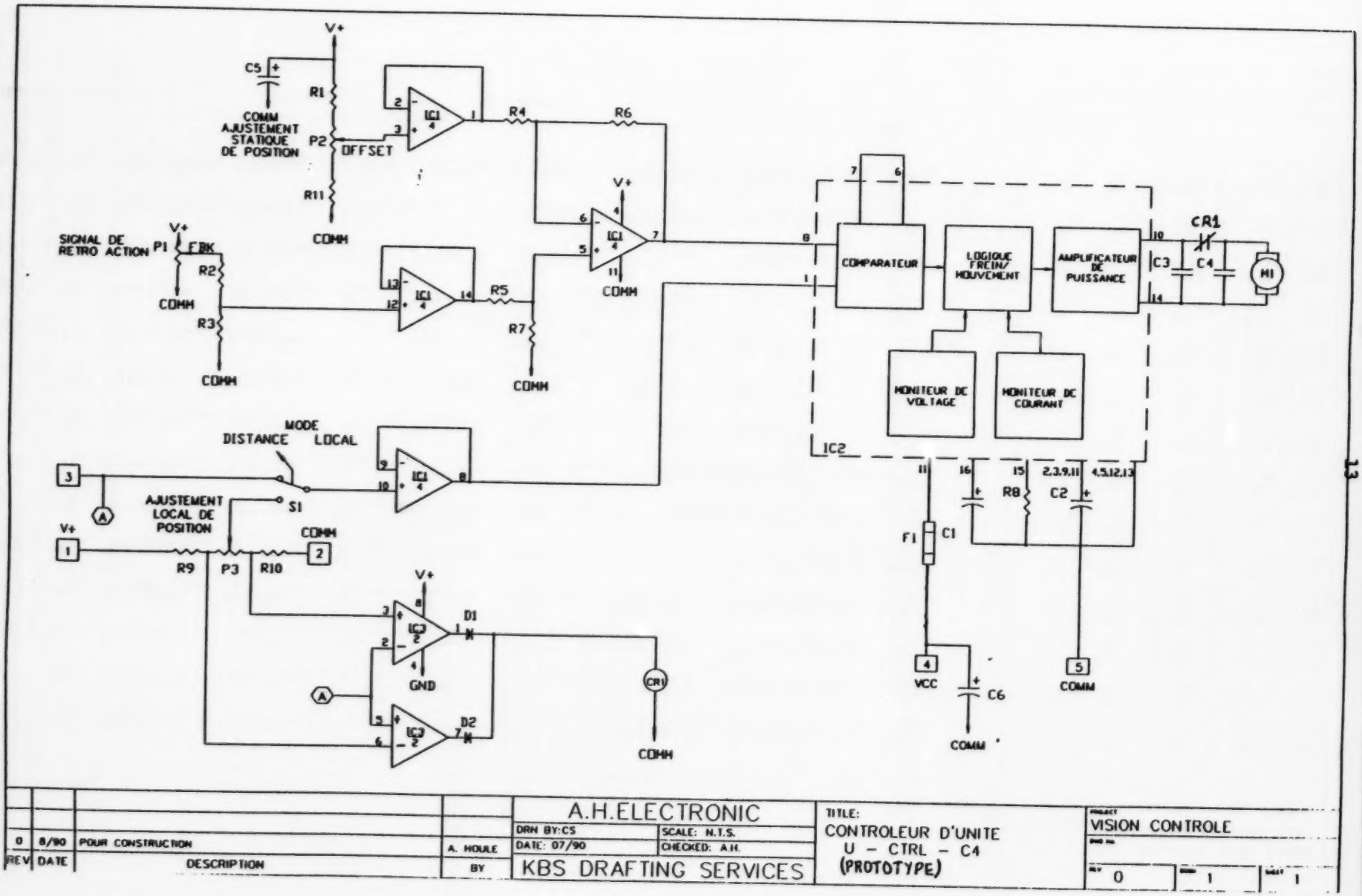
REV	DATE	DESCRIPTION	BY
0	8/90	POUR CONSTRUCTION	A. HOULE

A.H.ELECTRONIC
DRN BY: CS | SCALE: N.T.S.
DATE: 07/90 | CHECKED: A.H.
KBS DRAFTING SERVICES

TITLE:
CONTROLEUR D'UNITE
U - CTRL - C4

PROJECT
VISION CONTROLE
DWG NO
REV 0 | SHEET 1 | SHEET 1

Figure 2



REV	DATE	DESCRIPTION	BY
0	8/90	POUR CONSTRUCTION	A. HOULE

A.H.ELECTRONIC
DRN BY: CS | SCALE: N.T.S.
DATE: 07/90 | CHECKED: A.H.
KBS DRAFTING SERVICES

TITLE:
CONTROLEUR D'UNITE
U - CTRL - C4
(PROTOTYPE)

PROJECT
VISION CONTROLE
REV 0 | SHEET 1 | SHEET 1

Figure 3

COMPOSANTES DU CONTROLEUR D'UNITE U-CTRL-C4

ITEM	QTE	SYMBOLE	DESCRIPTION	MFG	MFG # PIECE	DISTRIBUTEUR	# DISTR.	QTE. VENDUE	PRIX UNITAIRE MARQUE	TAXE FEDERALE (5%)	ECHANGE US/CDN (1.23)	PRIX UNITAIRE TOTAL	PRIX PAR UNITE
1	1	R1	Resistance, 200K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-200K-1	Active Electronic	73082	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
2	1	R2	Resistance, 200K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-200K-1	Active Electronic	73082	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
3	1	R3	Resistance, 1M Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-1M-1	Active Electronic	73049	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
4	1	R4	Resistance, 100K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-100K-1	Active Electronic	73048	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
5	1	R5	Resistance, 100K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-100K-1	Active Electronic	73048	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
6	1	R6	Resistance, 100K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-100K-1	Active Electronic	73048	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
7	1	R7	Resistance, 100K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-100K-1	Active Electronic	73048	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
8	1	R8	Resistance, 10K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-10K-1	Active Electronic	73044	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
9	1	R9	Resistance, 11.3K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-11.3-1	Active Electronic	73064	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
10	1	R10	Resistance, 2.49K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-2.49K-1	Active Electronic	73078	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
11	1	R11	Resistance, 20K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-20K-1	Active Electronic	73046	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
12	1	P1	Potentiometre, 10K Ohms, 5%, 10 Tours	BOURNS	3590S	Newark Electronic	38F289	1	5.89	0.29	1.42	7.61	7.61
13	1	P2	Potentiometre, 10K Ohms, 10 Tours,	MURATA/ERIE	3299W-1-103	Active Electronic	47018	1	1.81	INC	INC	1.81	1.81
14	1	P3	Potentiometre, 10K Ohms, 1 Tour 2 Watts	CLAROSTAT	RV4LAYSD103A	Active Electronic	75003	1	5.35	INC	INC	5.35	5.35

Tableau 2

COMPOSANTES DU CONTROLEUR D'UNITE U-CTRL-C4

ITEM	QTE	SYMBOLE	DESCRIPTION	MFG	MFG # PIECE	DISTRIBUTEUR	# DISTR.	QTE. VENDUE	PRIX UNITAIRE MARQUE	TAXE FEDERALE (5%)	ECHANGE US/CDN (1.23)	PRIX UNITAIRE TOTAL	PRIX PAR UNITE
15	1	IC1	Amplificateur Operationnel Quadruple, Haut gain	MOTOROLLA	LM324APC	Active Electronic	06404	2	0.69	INC	INC	0.69	0.69
16	1	IC2	Controleur a boucle fermee pour moteur DC	MOTOROLLA	MC30330	Newark Electronic	MC30330P	1	4.10	0.21	0.99	5.30	5.30
17	1	IC3	Amplificateur Operationnel Double, Haut gain	MOTOROLLA	LM358TC	Active Electronic	06104	3	0.34	INC	INC	0.34	0.34
18	1	F1	Fusible 0.7 Ampere 125 Volts	LITTLEFUSE	235.700	Newark Electronic	87F5340	1	0.24	0.01	0.06	0.31	0.31
19	2		Porte Fusible 5X20mm	LITTLEFUSE	111501	Newark Electronic	46F1532	10	0.11	0.01	0.03	0.14	0.28
20	1	C1	Condensateur 33 micro F, 50 Volts, Electro.	SPRAGUE	50V33	Active Electronic	33121	15	0.18	INC	INC	0.18	0.18
21	4	C2	Condensateur 0.1 micro F, 35 Volts, Tantale	SPRAGUE	104X9035	Active Electronic	35030	10	0.21	INC	INC	0.21	0.84
22	1	C3	Condensateur 0.1 micro F, 100 Volts,Ceramique	MURATA/ERIE	.1000MF100ZE5	Active Electronic	30120	25	0.08	INC	INC	0.08	0.08
23	1	C4	Condensateur 0.1 micro F, 100 Volts,Ceramique	MURATA/ERIE	.1000MF100ZE5	Active Electronic	30120	25	0.08	INC	INC	0.08	0.08
24	1	C5	Condensateur 0.1 micro F, 35 Volts, Tantale	SPRAGUE	104X9035	Active Electronic	35030	10	0.21	INC	INC	0.21	0.21
25	1	C6	Condensateur 0.1 micro F, 35 Volts, Tantale	SPRAGUE	104X9035	Active Electronic	35030	10	0.21	INC	INC	0.21	0.21
26	1	D1	Diode Usage general 50 Volts, 1 Amp.	MOTOROLLA	1N4001TR	Active Electronic	01411	25	0.06	INC	INC	0.06	0.06
27	1	D2	Diode Usage general 50 Volts, 1 Amp.	MOTOROLLA	1N4001TR	Active Electronic	01411	25	0.06	INC	INC	0.06	0.06
28	1	CR1	Relais Usage general 24 Volts DC	OMRON	G5L114PPSDC24	Active Electronic	63221	1	2.30	INC	INC	2.30	2.30

Tableau 2 (cont.)

COMPOSANTES DU CONTROLEUR D'UNITE U-CTRL-C4

ITEM	QTE	SYMBOLE	DESCRIPTION	MFG	MFG # PIECE	DISTRIBUTEUR	# DISTR.	QTE. VENDUE	PRIX UNITAIRE MARQUE	TAXE FEDERALE (5%)	ECHANGE US/CDN (1.23)	PRIX UNITAIRE TOTAL	PRIX PAR UNITE
29	1	M1	Moteur/Guires 19 Volts DC 150 RPM Ratio 19.7:1	PITTMAN	GM9433G895	PITTMAN	GM9433G8	1	34.75	INC	INC	34.75	34.75
30	1	---	Terminal 5 Contacts fILS #12 A 22	AUGAT	LC6P102-05	Newark Electronic	46F1453	1	0.80	0.04	0.19	1.03	1.03
31	1	---	Base pour circuit imprime 14 broches	AMP	2-640357-3	Active Electronic	23020	10	0.18	INC	INC	0.18	0.18
32	1	---	Base pour circuit imprime 16 broches	AMP	2-640358-3	Active Electronic	23022	10	0.21	INC	INC	0.21	0.21
33	1	---	Base pour circuit imprime 8 broches	AMP	2-640463-3	Active Electronic	23155	10	0.10	INC	INC	0.10	0.10
34	1	S1	Interrupteur SPST AC/DC 125/28 Volts	CUTLER-HAMMER	A121S1YZQ	Newark Electronic	65F1650	1	3.96	0.20	0.96	5.11	5.11
35	1	S2	Interrupteur SPST AC/DC 125/28 Volts	CUTLER-HAMMER	A121S1YZQ	Newark Electronic	65F1650	1	3.96	0.20	0.96	5.11	5.11
36	1	---	Knob Plastic Shaft 1/4"	AUGAT	PK-508-1/4	Active Electronic	INDUS	20	1.45	INC	INC	1.45	1.45
37	1	---	Plaquette circuit imprime										
38	1	---	Dissipateur de chaleur	THERMALLOY	6011B	Active Electronic	77215	3	0.63	INC	INC	0.63	0.63
												TOTAL:	74.83

Tableau 2 (cont.)

4. REFERENCE MAITRESSE M-REF-C2

Le circuit de référence maîtresse M-REF-C2 fut conçu dans le but de générer un signal de commande utilisé dans un système d'asservissement de position à boucles multiples. Il s'utilise avec un ou plusieurs contrôleurs d'unité U-CTRL-C4.

4.1 Principales Caractéristiques

-Mode de fonctionnement position/température.

-Relation entrée/sortie pré-programmée en fonction du lieu d'installation.

-Sortie linéaire en fonction des paramètres d'entrée.

-Ajustement manuel de la position de référence.

-Ajustement manuel de la température de référence.

-Ajustement intégré du gain du contrôleur de température.

-Contrôle de température de type proportionnel.

-Faible impédance de sortie.

4.2 Opération

Un sélecteur, monté à même le circuit de référence, permet de déterminer le mode de fonctionnement;

En mode de fonctionnement angulaire, le signal de référence est généré à partir de la position d'un potentiomètre de commande.

En mode de fonctionnement thermique, le signal de référence est généré à partir de la température mesurée par un capteur de température.

4.3 Mode de Fonctionnement Thermique

4.3.1. Théorie d'Opération

On désire moduler l'angle de positionnement des lattes des persiennes afin de favoriser ou de bloquer l'incidence des rayons solaires en fonction de la température interne de l'environnement à contrôler;

Lorsque l'environnement à contrôler est trop froid, on augmente le parallélisme des lattes des persiennes par rapport aux rayons solaires. Ceci a pour effet d'augmenter l'apport énergétique solaire et ainsi réchauffer l'environnement à contrôler.

Lorsque la température de l'environnement à contrôler est égale à la température désirée, on positionne les lattes à l'horizontale afin de permettre à l'utilisateur de jouir d'une luminosité ainsi qu'une vision maximale.

Lorsque l'environnement à contrôler est trop chaud, on diminue le parallélisme des lattes des persiennes par rapport aux rayons solaires. Ceci a pour effet de diminuer l'apport énergétique solaire et d'ainsi refroidir l'environnement à contrôler.

4.3.2. Etude des Angles d'Incidence Solaire

L'angle d'incidence des rayons solaires varie en fonction du temps de la journée et de la période de l'année. Il dépend aussi de la situation géographique de l'installation. Les calculs d'optimisation du système en fonction de ces angles doivent être adaptés pour différentes situations géographiques.

Le tableau 3 donne la hauteur du soleil, à Montréal, pour les différents mois de l'année.

Tableau 3 La hauteur du soleil à Montréal

MOIS	ANGLE PAR RAPPORT HORIZ. (degré)	VERT. (degré)	ECART A LA MOYENNE FROID (%)	CHAUD (%)
Janvier	23.58	113.58	-1.91	---
Février	31.55	121.55	4.97	---
Mars	42.08	132.08		
Avril	53.91	143.91		
Mai	63.29	153.29	---	-0.22
Juin	67.59	157.69	---	2.64
Juillet	65.68	155.68	---	1.33
Août	57.96	147.96	---	-3.69
Septembre	46.72	136.72		
Octobre	34.90	124.90		
Novembre	26.59	116.59	0.69	---
Décembre	21.45	111.45	-3.75	---
Moyenne froid	25.79	115.63		
Moyenne chaud	63.63	153.63		

Bien que la position du soleil varie d'un mois à l'autre, nous remarquons que:

Pendant les mois les plus froids de l'année, là où l'apport énergétique solaire est prioritaire, le soleil se situe très près de 25 degrés angulaires au dessus de l'horizontale.

Pendant les temps les plus chauds de l'année, là où il est intéressant de contrer l'apport énergétique solaire, le soleil se situe très près de 65 degrés angulaires au dessus de l'horizontale.

4.3.3. Limites de Contrôle

Par temps froid, l'apport énergétique solaire croit avec l'angle d'ouverture des lattes tant que la limite de 25 degrés angulaires au dessus de l'horizontale n'est pas atteinte. Au delà de cette limite le lien physique devient inversement proportionnel. Cet angle de 25 degrés au dessus de l'horizontale constitue donc la limite angulaire supérieure du système de contrôle lorsqu'il s'agit d'augmenter la température de l'environnement à contrôler.

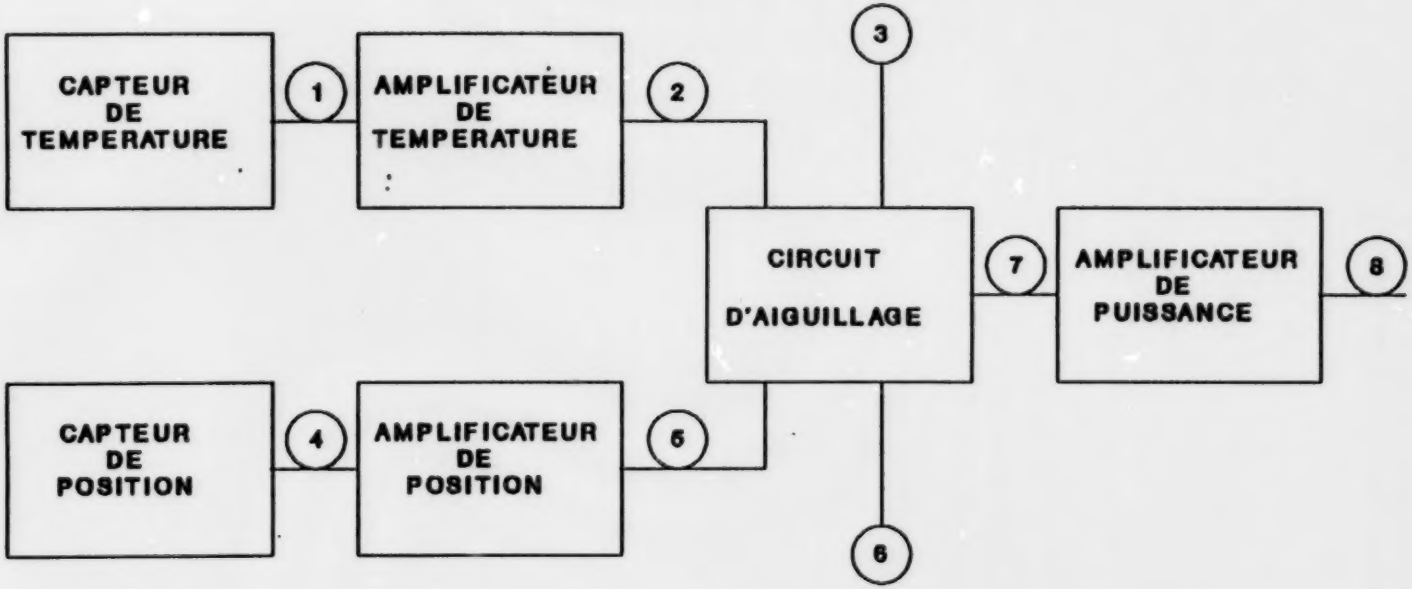
Par temps chaud, l'apport énergétique solaire croit avec l'angle d'ouverture des lattes bien au delà de la limite de 25 degrés angulaire au-dessus de l'horizontale. Dans ce cas, le système aura plutôt tendance à maintenir les lattes sous l'horizontale afin de minimiser l'apport énergétique solaire plutôt que de le maximiser.

En mode de contrôle de température, la plage d'opération du système se situe donc de 90 degrés angulaires sous l'horizontale jusqu'à 25 degrés angulaires au dessus de l'horizontale.

En pages suivantes, on retrouve le schéma bloc de fonctionnement du circuit de référence maîtresse à la figure 4 et les Caractéristiques du circuit de référence maitresse au Tableau 4, le schéma électronique de référence maîtresse à la figure 5, et les composantes du circuit au Tableau 5.

Reference Maitresse M-REF-C2

Schema bloc de controle



1. SIGNAL DE TEMPERATURE
2. SIGNAL DE TEMP. AMPLIFIE
3. MODE THERMIQUE
4. SIGNAL DE POSITION
5. SIGNAL DE POSITION AMPLIFIE
6. MODE ANGULAIRE
7. SIGNAL DE COMMANDE
8. REFERENCE MAITRESSE

Figure 4

CARACTERISTIQUES DU CIRCUIT DE REFERENCE MAITRESSE M-REF-C2

	MINIMUM	TYPIQUE	MAXIMUM	UNITES
Tension d'alimentation	23.5	24	24.5	Volts DC
Courant d'alimentation	6	63	145	milli Amps DC
Signal de sortie en mode manuel	2.5	---	12.5	Volts DC
Plage d'operation en mode manuel	-90	---	+90	Degres angulaires
Signal de sortie en mode automatique	2.5	---	9.1	Volts DC
Plage d'operation en mode automatique	-90	---	+25	Degres angulaires
Gain du systeme	10.2	10.3	10.4	Degre Ang./Degre C.
Resolution du systeme	0.304	0.385	0.466	Degres Celcius
Plage d'ajustement	14	---	28	Degres Celcius
Linearite	0.9	1.0	1.1	Pourcent
Precision	0.9	1.0	1.1	Pourcent

Tableau 4

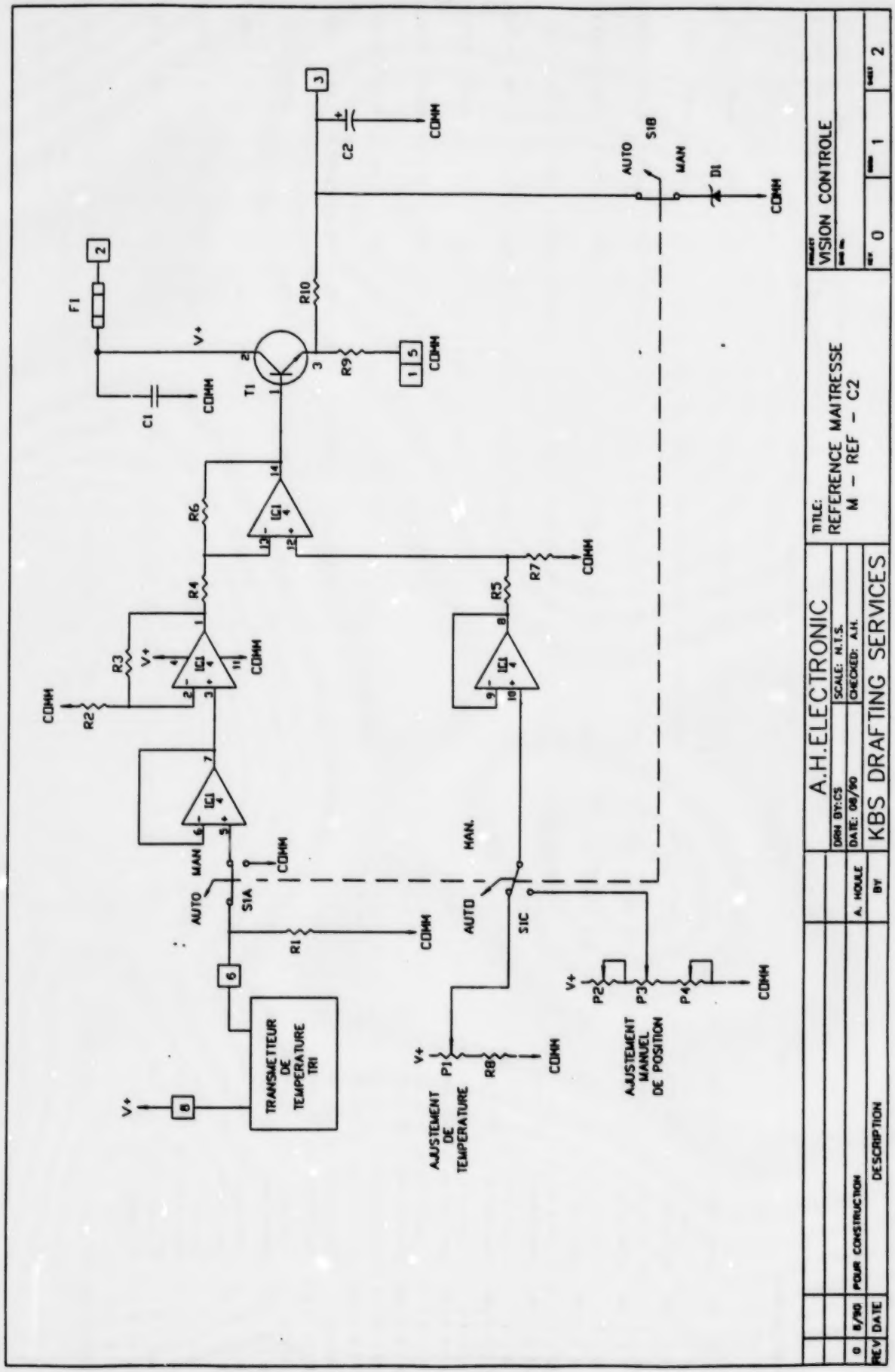

A.H.ELECTRONIC
DRW BY: CS
SCALE: N.T.S.
DATE: 06/90
CHECKED: A.H.
A. HOULE
BY
KBS DRAFTING SERVICES
TITLE:
REFERENCE MAITRESSE
M - REF - C2
PROJECT
VISION CONTROLE
0
1
2
REV
DATE
DESCRIPTION
POUR CONSTRUCTION
6/90
TRANSMETTEUR DE TEMPERATURE TRI
AJUSTEMENT DE TEMPERATURE
AJUSTEMENT MANUEL DE POSITION
AUTO
MAN
S1A
S1B
S1C
V+
COMM
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
C1
C2
F1
D1
T1
P1
P2
P3
P4
IC1

Figure 5

ITEM	QTE	SYMBOLE	DESCRIPTION	MFG	MFG # PIECE	DISTRIBUTEUR	# DISTR.	QTE. VENDUE	PRIX UNITAIRE MARQUE	TAXE FEDERALE (5%)	ECHANGE US/CDN (1.23)	PRIX UNITAIRE TOTAL	PRIX PAR UNITE
2	1	R1	Resistance, 499K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-499K-1	Active Electronic	73080	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
3	1	R2	Resistance, 100K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-100K-1	Active Electronic	73048	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
4	1	R3	Resistance, 200K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-200K-1	Active Electronic	73082	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
5	1	R4	Resistance, 100K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-100K-1	Active Electronic	73048	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
6	1	R5	Resistance, 100K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-100K-1	Active Electronic	73048	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
7	1	R6	Resistance, 100K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-100K-1	Active Electronic	73048	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
8	1	R7	Resistance, 100K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-100K-1	Active Electronic	73048	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
9	1	R8	Resistance, 20K Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-20K-1	Active Electronic	73046	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
10	1	R9	Resistance, 330 Ohms, 5%, 2 Watts	IRC	SPH-330R-5	Active Electronic	74013	5	0.21	INC	INC	0.21	0.21
11	1	R10	Resistance, 330 Ohms, 5%, 2 Watts	IRC	SPH-330R-5	Active Electronic	74013	5	0.21	INC	INC	0.21	0.21
12	1	R11	Resistance, 681 Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-681R-1	Active Electronic	73038	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
13	1	R12	Resistance, 681 Ohms, 1%, 1/4 Watt	DALE	SMA4-681R-1	Active Electronic	73038	40	0.05	INC	INC	0.05	0.05
14	1	P1	Potentiometre, 10K Ohms, 1 Tour 2 Watts	CLAROSTAT	RV4LAYSD103A	Active Electronic	75003	1	5.35	INC	INC	5.35	5.35
15	1	P2	Trimpot 20K Ohms, 10 Tours, 10%	MURATA/ERIE	3299W-1-203	Active Electronic	47021	1	1.38	INC	INC	1.38	1.38

Tableau 5

COMPOSANTES DU CIRCUIT DE REFERENCE MAITRESSE M-REF-C2A

ITEM	QTE	SYMBOLE	DESCRIPTION	MFG	MFG # PIECE	DISTRIBUTEUR	# DISTR.	QTE. VENDUE	PRIX UNITAIRE MARQUE	TAXE FEDERALE (5%)	ECHANGE US/CDN (1.23)	PRIX UNITAIRE TOTAL	PRIX PAR UNITE
16	1	P3	Potentiometre, 10K Ohms, 1 Tour 2 Watts	CLAROSTAT	RV4LAYSD103A	Active Electronic	75003	1	5.35	INC	INC	5.35	5.35
17	1	P4	Trimpot 5K Ohms, 10 Tours, 10%	MURATA/ERIE	3299W-1-502	Active Electronic	47024	1	1.38	INC	INC	1.38	1.38
18	1	IC1	Amplificateur Operationnel Quadruple, Haut gain	MOTOROLLA	LM324APC	Active Electronic	06404	2	0.69	INC	INC	0.69	0.69
19	1	F1	Fusible 0.7 Ampere 125 Volts	LITTLEFUSE	235.700	Newark Electronic	87F5340	1	0.24	0.01	0.06	0.31	0.31
20	2	---	Porte Fusible 5X20mm	LITTLEFUSE	111501	Newark Electronic	46F1532	10	0.11	0.01	0.03	0.14	0.28
21	1	C1	Condensateur 0.1 micro F, 35 Volts, Tantale	SPRAGUE	104X9035	Active Electronic	35030	10	0.21	INC	INC	0.21	0.21
22	1	C2	Condensateur 0.1 micro F, 35 Volts, Tantale	SPRAGUE	104X9035	Active Electronic	35030	10	0.21	INC	INC	0.21	0.21
23	1	---	Terminal 5 Contacts fILS #12 A 22	AUGAT	LC6P102-05	Newark Electronic	46F1453	1	0.80	0.04	0.19	1.03	1.03
24	1	---	Base pour circuit imprime 14 broches	AMP	2-640357-3	Active Electronic	23020	10	0.18	INC	INC	0.18	0.18
25	1	S1	Interrupteur 3PDT AC/DC 125/28 Volt	ALCOSWITCH	7301SYZQ	Active Electronic	22048	1	12.25	INC	INC	12.25	12.25
26	1	T1	Transistor NPN HFE=25 3 Amperes	MOTOROLLA	TIP31C	Active Electronic	29076	2	0.51	INC	INC	0.51	0.51
27	1	TR1	Transmetteur de temperature	HY-CAL	CT-857	Gray Electric		1	123.20	INC	INC	123.20	123.20
28	1	---	Plaquette circuit imprime										
												TOTAL:	153.25

Tableau 5 (cont.)

5. ETUDE EXPERIMENTALE AVEC PROTOTYPE

Dans le but de vérifier le fonctionnement du système de contrôle développé avec les modèles au laboratoire, des tests ont été effectués au laboratoire solaire, sur une fenêtre prototype de grande dimension. Ces tests se sont tenus pour les mois de septembre et d'octobre 1990. Dans le but de voir le fonctionnement du système de contrôle, on a laissé la température de la pièce non-thermostatée. Ainsi, le système de contrôle a dû positionner les lames continuellement suivant la température de la pièce fluctuante.

5.1. Description du Système

La cellule décrite à la Figure 6 a 1.48 m de largeur, 1.92 m de profondeur et 2.43 m de hauteur avec un coefficient global d'échange (UA) de 13 W/degré C. La surface intérieure est de bois naturel avec les caractéristiques suivantes: émissivité = absorptivité = 0.86. Le prototype pour les essais est une fenêtre Vision Control, composé de deux verres clair-trempés de 6 mm d'épaisseur séparés par une distance de 50 mm et de lames de couleur blanche avec émissivité de 0.86 et d'une longueur de 34.92 mm. Les dimensions globales du système sont de 1.15 m de largeur et de 2.25 m de hauteur.

On a mesuré la température de la cellule, la température du capteur de température (i.e. le signal du capteur), la position des lames, toutes les valeurs en fonction du temps. On a utilisé un enregistreur à multi-canaux de Toshiba.

Le circuit de référence maîtresse a deux potentiomètres pour l'ajustement de la position et de la température. Les terminaux du circuit de référence maîtresse sont identifiés de 1 à 8. La procédure détaillée pour branchement de l'appareil enregistreur est la suivante.

Lecture de la température: La borne commune du traceur est branchée au terminal No. 1. La borne positive du traceur est branchée au terminal No. 6. Le signal ainsi mesuré est un voltage proportionnel à la température mesurée par le capteur de température. La relation température en fonction de voltage est la suivante:

$$T = 5.5\ V - 1$$

i.e. 2 V corresponds à 10 degré C et 10 V à 54 degré C.

Lecture de l'angle d'ouverture: L'angle d'ouverture ou la position des lames peut être trouvé à partir du signal de référence du circuit de référence maîtresse. Pour se faire: La borne commune du traceur au terminal No. 1. La borne positive du traceur est branchée au terminal No. 3. Le signal ainsi mesuré est un voltage proportionnel à l'angle de position des lames. La relation de l'angle en fonction de voltage est la suivante:

$$\text{Angle} = 18\ V - 45$$

où Angle est mesuré à partir du plane vertical. i.e. 2.5 V corresponds à zéro degré, c'est-à-dire les lames sont verticales où elles font 90 degré vers le bas de l'horizontal (les lames fermées complètement); 7.5 V à 90 degré, la position horizontale des lames (les lames ouvertes complètement) et 12.5 V à 180 degré, la position verticale vers le haut (les lames fermées complètement).

5.2. Résultats

On a effectué les tests en deux étapes, les tests qualitatifs du 15 septembre au 2 octobre et ceux quantitatifs du 3 au 25 octobre. Dans la première étape, on a évalué et ajusté le système de contrôle, on a testé son fonctionnement en vue d'obtenir les informations sur son opération avec le prototype, soit mécanique ou électronique. On a testé aussi l'opération manuelle. Dans la deuxième étape, on a fait des mesures nécessaires en opération automatique.

On a trouvé que le système de contrôle fonctionnait comme il faut et suivant les performances obtenues avec les modèles de laboratoire. La fenêtre Vision Control était contrôlée suivant la position du soleil et la température désirée de la pièce.

Le résultat typique d'une période de 4 jours consécutifs est montré à la Figure 7 où on a tracé la température de la pièce, la position des lames et la température extérieure. Cette période consiste d'un après-midi (6/10), et d'un avant-midi (7/10) ensoleillé suivie par les journées couvertes. L'angle de la position des lames de zéro degré correspond à la position fermée et de 90 degré à celle horizontale. La période commence à midi, la température de la pièce est élevée et en conséquence, les lames sont à la position fermée. A la fin de l'après-midi et au soir, la température de la pièce s'abaisse, les lames s'ouvrent suivant le changement de la température. Le lendemain, la température de la pièce augmente, la position des lames suit ce changement. Durant la période couverte et froide, la température de la pièce reste faible et en conséquence, la position des lames se situe autour de l'angle optimum de 115 degré. On peut voir que le système de contrôle suit la fluctuation de la température de la pièce et positionne ainsi les lames à l'angle optimum pour recevoir le rayonnement solaire au maximum.

Pour voir le temps de réponse du système de contrôle, on a fait une série d'étude en ventilant la pièce. Etant donné que la pièce est une boîte chaude sans masse thermique, la réception du rayonnement solaire ou la ventilation fait varier sa température assez rapidement. Le résultat typique de la période d'essai de 14.00 - 14.30 h du 8/10 est présenté à la Figure 8 où on a tracé la température de la pièce et l'angle des lames. On peut voir que la variation de la température est de 0.25 degré C par minute au commencement et elle diminue à 0.08 à la fin de la période d'essai. Suivant cette variation, le système de contrôle ouvre les lames avec un temps de réponse de 2.7 degré par minute au commencement, diminuant à 0.60 à la fin de la période d'essai.

6. CONCLUSIONS

On peut voir que le système de contrôle fonctionne bien comme on a conçu dans le projet et que son coût ($74.83 par unité de contrôle et $153.25 par unité de référence maîtresse) est tout à fait raisonnable. L'utilisation dans les produits commerciaux devrait être facile puisque c'est conçu comme une unité scellée et intégrée avec les fenêtres Vision Control.

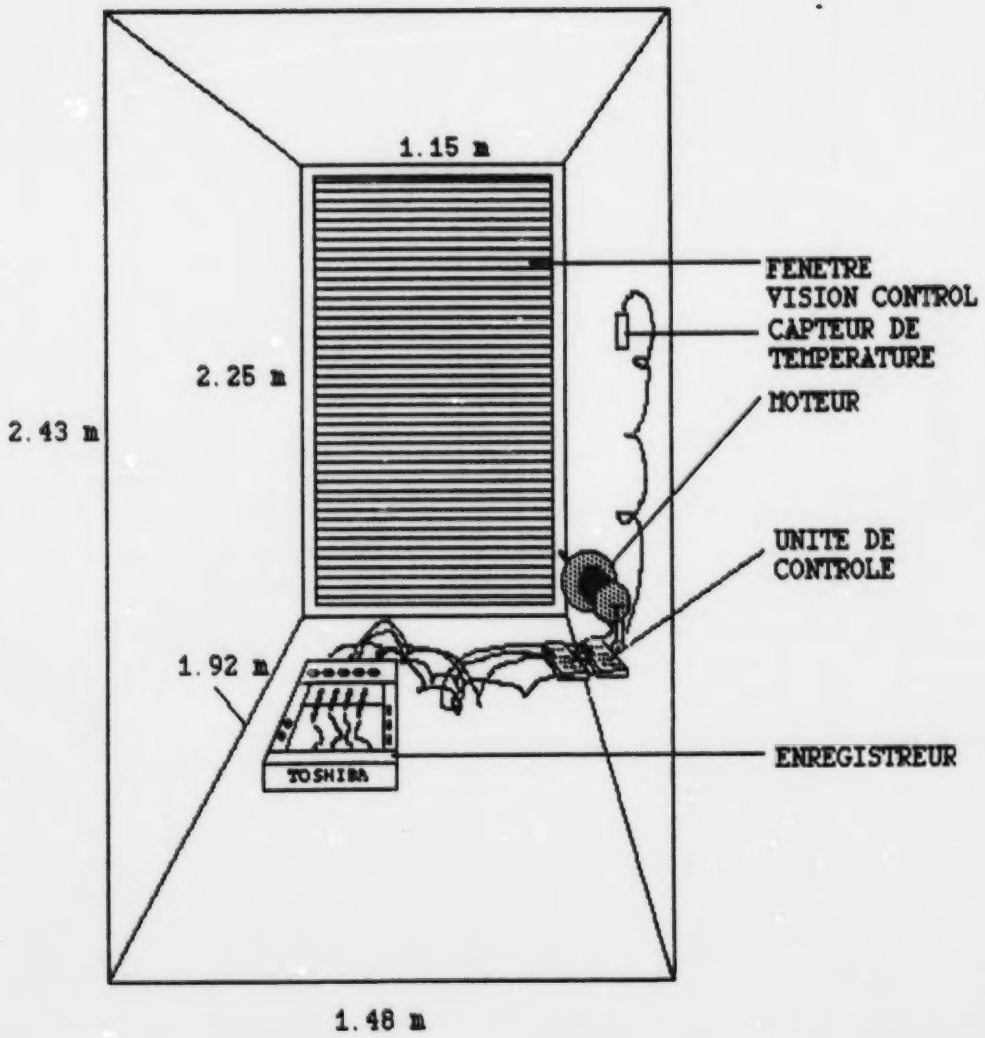

1.15 m
2.25 m
2.43 m
1.92 m
1.48 m
FENETRE
VISION CONTROL
CAPTEUR DE
TEMPERATURE
MOTEUR
UNITE DE
CONTROLE
ENREGISTREUR
TOSHIBA

Figure 6

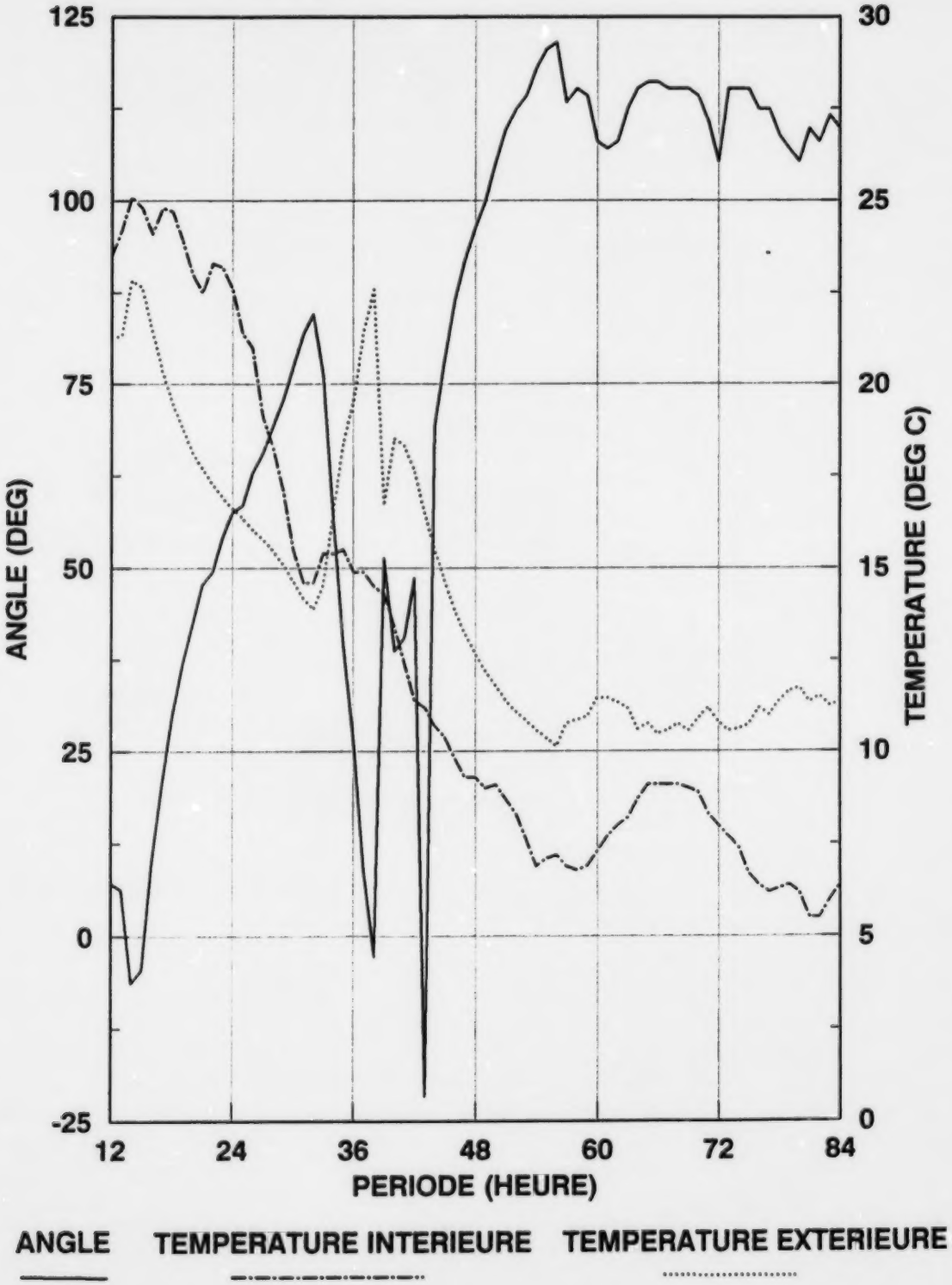

125
100
75
50
25
0
-25
ANGLE (DEG)
30
25
20
15
10
5
0
TEMPERATURE (DEG C)
12
24
36
48
60
72
84
PERIODE (HEURE)
ANGLE
TEMPERATURE INTERIEURE
TEMPERATURE EXTERIEURE

Figure 7

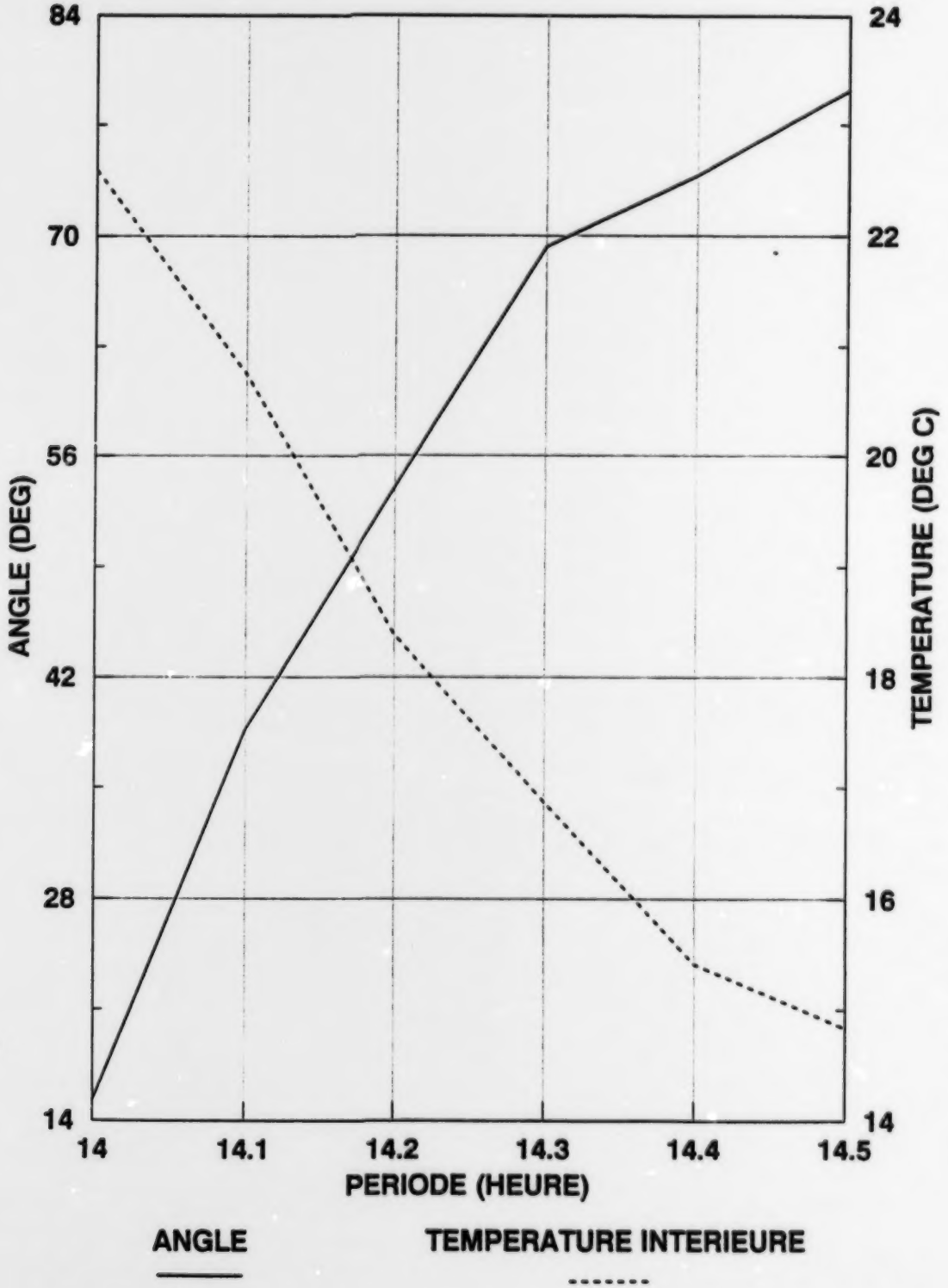

84
70
56
42
28
14
ANGLE (DEG)
24
22
20
18
16
14
TEMPERATURE (DEG C)
14
14.1
14.2
14.3
14.4
14.5
PERIODE (HEURE)
ANGLE
TEMPERATURE INTERIEURE

Figure 8